

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09246670 A**(43) Date of publication of application: **19.09.97**

(51) Int. Cl

**H01S 3/18  
H01L 33/00**(21) Application number: **08075327**(22) Date of filing: **04.03.96**

(71) Applicant:

**TOYODA GOSEI CO LTD  
AKASAKI ISAMU AMANO  
HIROSHI**

(72) Inventor:

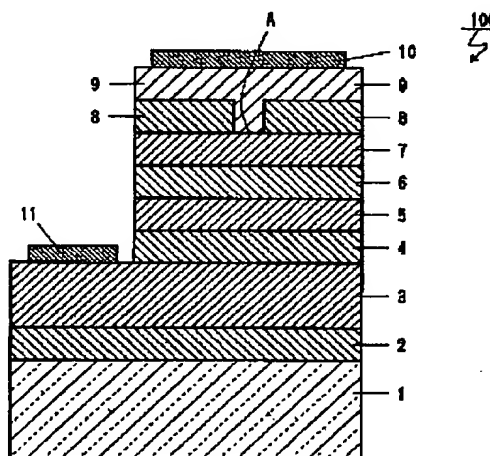
**YAMAZAKI SHIRO  
NAGAI SEIJI  
KOIKE MASAYOSHI  
AKASAKI ISAMU  
AMANO HIROSHI****(54) GROUP-III NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT  
EMITTING ELEMENT**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce contact resistances of electrodes in group-III nitride semiconductor light emitting element.

**SOLUTION:** Sequentially formed on a sapphire substrate 1 are a buffer layer 2, an n<sup>+</sup> layer 3 of silicon (Si)-doped GaN having an electron density of  $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ , an n<sup>+</sup> layer 4 of silicon-doped  $(\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})\text{In}_{1-y1}\text{N}$  having an electron density of  $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ , an active layer 5 of  $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})\text{In}_{1-y2}\text{N}$ , a p layer 6 of Mg-doped  $(\text{Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3})\text{In}_{1-y3}\text{N}$  having a hole density of  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ , and a p layer 7 of magnesium-doped GaN having a thickness of about  $0.2 \mu\text{m}$  and a hole density of  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ . Further formed on the layer 7 are an n layer (current blocking layer) 8 of undoped GaN having a window made therein and a p layer (current supply layer) 9 of magnesium-doped GaN having a hole density of  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$  having a shape of a letter T. In addition, a metallic electrode 10 is formed as contacted with the p layer 9, and a metallic electrode 11 is formed as contacted with the n<sup>+</sup> layer 3 having a high carrier density.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-246670

(43) 公開日 平成9年(1997)9月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-75327

(22) 出願日 平成8年(1996)3月4日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(71) 出願人 591014949

赤崎 勇

愛知県名古屋市西区浄心1丁目1番38-805

(71) 出願人 591014950

天野 浩

愛知県名古屋市名東区山の手2丁目104  
宝マンション山の手508号

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

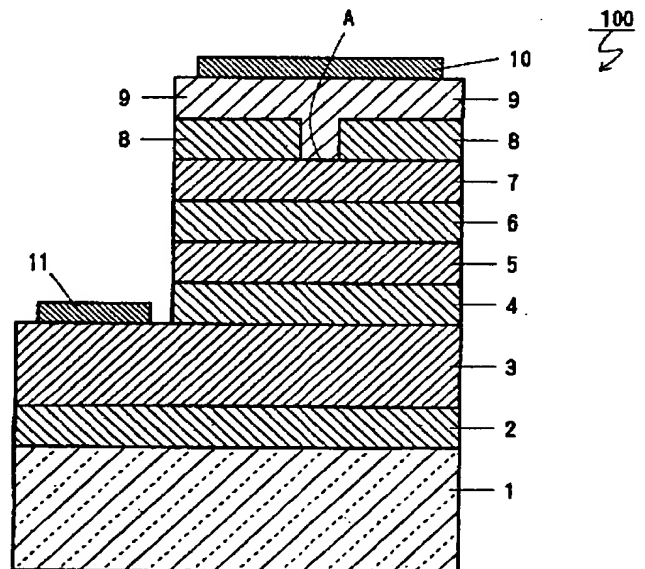
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3族窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 3族窒化物半導体発光素子における電極の接触抵抗の低下。

【解決手段】 サファイア基板1上にバッファ層2、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーパGaNから成るn<sup>+</sup>層3、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドーパの $(\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})_{y1}\text{In}_{1-y1}\text{N}$ から成るn<sup>+</sup>層4、 $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})_{y2}\text{In}_{1-y2}\text{N}$ から成る活性層5、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のMg添加の $(\text{Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3})_{y3}\text{In}_{1-y3}\text{N}$ から成るp層6、膜厚約0.2  $\mu\text{m}$ 、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドーパのGaNから成るp層7が形成されている。さらにT字形状に形成されたホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドーパのGaNから成るp層(電流供給層)9と不純物無添加のGaNから成るn層(電流阻止層)8が窓部Aを除いて形成されている。そして、p層9に接合する金属電極10と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に接続する金属電極11とが形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) からなる n 型伝導性を示す n 層と、p 型伝導性を示す p 層と、電流路を短冊状に狭窄させるための電流狭窄層とを有する発光素子において、前記電流狭窄層は、導電性の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る下層半導体層に対して電流の流れる短冊状の窓部を除いてその下層半導体層に接合して形成され、該下層半導体層と異なる伝導型の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る電流阻止層と、前記窓部及び前記電流阻止層上に形成され、前記窓部を介して前記下層半導体層と接合し、前記下層半導体層と同一伝導型の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る電流供給層とから成る発光素子。

【請求項 2】 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) からなる n 型伝導性を示す n 層と、p 型伝導性を示す p 層と、電流路を短冊状に狭窄させるための電流狭窄層とを有する発光素子において、前記電流狭窄層は、導電性の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る下層半導体層に対して電流の流れる短冊状の窓部を除いてその下層半導体層に接合して形成された絶縁性の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る電流阻止層と、前記窓部及び前記電流阻止層上に形成され、前記窓部を介して前記下層半導体層と接合し、前記下層半導体層と同一伝導型の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る電流供給層とから成る発光素子。

【請求項 3】 前記電流阻止層は、3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る導電性の半導体層にイオン打ち込みにより高抵抗に形成された層であることを特徴とする請求項 2 に記載の発光素子。

【請求項 4】 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) からなる n 型伝導性を示す n 層と、p 型伝導性を示す p 層と、電流路を短冊状に狭窄させるための電流狭窄層とを有する発光素子において、前記電流狭窄層は、3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る絶縁性半導体層において電流の流れる短冊状の部分だけ p 型化された第 1 電流供給層と、p 型化されずに残った前記絶縁性半導体層から成る電流阻止層と、前記絶縁性半導体層において電流の流れる部分だけ p 型化され、金属電極と接合する共に、前記第 1 電流供給層に接合し、その第 1 電流供給層よりも電流路の幅が広く形成された第 2 電流供給層とから成る発光素子。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は 3 族窒化物半導体を用いた発光素子、特に、半導体レーザに関する。

## 【0002】

【従来技術】 従来、3 族窒化物半導体を用いた半導体レーザでは、電流路を光の共振路に沿って短冊状に狭窄するために、金属電極が接合する最上層に短冊状の窓部を除いて、 $SiO_2$  から成る絶縁膜を形成し、その上に金属電極を蒸着する構造が採用されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、この構造では、3 族窒化物半導体から成る層と金属電極との接触は、短冊状の狭い窓部分となり、この金属電極と半導体層との接触抵抗が高かった。このため、半導体レーザの温度が高くなり、連続発振が困難であった。又、温度が高くなるため、素子寿命が短くなるという問題があった。

【0004】 本発明は、上記課題を解決するために成されたものであり、その目的は、3 族窒化物半導体から成る半導体素子において、電極の接触抵抗を小さくして、素子の温度上昇を抑制することで、レーザの連続発振を可能とすると共に素子寿命を長期化することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 請求項 1 に記載の発明は、3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) からなる n 型伝導性を示す n 層と、p 型伝導性を示す p 層と、電流路を短冊状に狭窄させるための電流狭窄層とを有する発光素子において、電流狭窄層を、導電性の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る下層半導体層に対して電流の流れる短冊状の窓部を除いてその下層半導体層に接合して形成され、該下層半導体層と異なる伝導型の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る電流阻止層と、窓部及び電流阻止層上に形成され、窓部を介して下層半導体層と接合し、下層半導体層と同一伝導型の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る電流供給層とで構成したことである。

【0006】 又、請求項 2 の発明は、電流狭窄層を、導電性の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る下層半導体層に対して電流の流れる短冊状の窓部を除いてその下層半導体層に接合して形成された絶縁性の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る電流阻止層と、窓部及び電流阻止層上に形成され、窓部を介して下層半導体層と接合し、下層半導体層と同一伝導型の 3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る電流供給層とで構成したことである。

【0007】 又、請求項 3 の発明は、電流阻止層は、3 族窒化物半導体( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ;  $X=0$ ,  $Y=0$ ,  $X=Y=0$  を含む) から成る導電性の半導体層にイオン打ち込みにより

高抵抗に形成された層であることを特徴とする。

【0008】さらに、請求項4の発明は、3族窒化物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ;  $X=0, Y=0, X+Y=0$ を含む)からなる、 $n$ 型伝導性を示す $n$ 層と、 $p$ 型伝導性を示す $p$ 層と、電流路を短冊状に狭窄させるための電流狭窄層とを有する発光素子において、電流狭窄層は、3族窒化物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ;  $X=0, Y=0, X+Y=0$ を含む)から成る絶縁性半導体層において電流の流れる短冊状の部分だけ $p$ 型化された第1電流供給層と、 $p$ 型化されずに残った絶縁性半導体層から成る電流阻止層と、絶縁性半導体層において電流の流れる部分だけ $p$ 型化され、金属電極と接合する共に、第1電流供給層に接合し、その第1電流供給層よりも電流路の幅が広く形成された第2電流供給層とから成ることを特徴とする。

【0009】

【発明の作用及び効果】上記の全ての請求項において、電流狭窄部分、即ち、短冊状の窓部では、導電性の3族窒化物半導体同志の接合となり、従来のように、金属と半導体層との接触ではないため、狭窄部分での抵抗を小さくできる。又、金属電極は電流供給層の上面に形成されるため、広面積に形成できるため金属電極の接触抵抗を小さくすることができる。この結果、通電電流を大きくすることができる共に発熱を抑制することができる。従って、レーザにおいて連続発振を可能とすることができると共に素子寿命を長期化することが可能となる。

【0010】請求項1では、電流阻止層と導電性下層半導体層とが $p-n$ 接合で形成されているので、電位障壁により通電電流を阻止することができる。さらに、請求項2では、3族窒化物半導体は禁制帯域幅が大きいことから、不純物の無添加の場合には、高抵抗率が得られる。又、アクセプタドープの場合には $p$ 型化することなく、高抵抗になるので、電流阻止層をその様な層で形成することで電流を阻止することができる。

【0011】さらに、請求項3の発明では、電流阻止層を、導電性半導体層にイオン打ち込みで、高抵抗率とした層で形成し、その層により電流を阻止することができる。さらに、請求項4の発明では、ある種(例えば、マグネシウム)の不純物を添加した3族窒化物半導体は電子線照射や窒素雰囲気中で熱処理することで、 $p$ 伝導型にすることが可能である。よって、この処理により、第1電流供給層と第2電流供給層とを形成し、電流狭窄部分を同一伝導型の半導体で構成した第1電流供給層と第2電流供給層との境界とすることができるので、その部分の抵抗を小さくすることができる。

【0012】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1において、半導体レーザ100は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に500Åの $\text{AlN}$ のバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約2.5  $\mu\text{m}$ 、電子濃度

$\times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン( $\text{Si}$ )ドープ $\text{GaN}$ から成る高キャリア濃度 $n^+$ 層3、膜厚約0.5  $\mu\text{m}$ 、電子濃度  $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドープの $(\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})_{y1}\text{In}_{1-y1}\text{N}$ から成る高キャリア濃度 $n^+$ 層(クラッド層)4、膜厚約0.1  $\mu\text{m}$ の $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})_{y2}\text{In}_{1-y2}\text{N}$ から成る活性層(発光層)5、膜厚約1.0  $\mu\text{m}$ 、ホール濃度  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドープの $(\text{Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3})_{y3}\text{In}_{1-y3}\text{N}$ から成る $p$ 層(クラッド層)6、膜厚約0.2  $\mu\text{m}$ 、ホール濃度  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドープの $\text{GaN}$ から成る $p$ 層(コンタクト層)7が形成されている。 $p$ 層7が導電性の下層半導体層に該当する。

【0013】さらにT字形状に形成されたホール濃度  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドープの $\text{GaN}$ から成る $p$ 層(電流供給層)9と不純物無添加の $\text{GaN}$ から成る $n$ 層(電流阻止層)8が窓部Aを除いて形成されている。さらに、 $p$ 層9に接合する金属電極10と高キャリア濃度 $n^+$ 層3に接続する金属電極11とが形成されている。

【0014】次に、この構造の半導体レーザ100の製造方法について説明する。上記半導体レーザ100は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、アンモニア( $\text{NH}_3$ )とキャリアガス( $\text{N}_2$ 又は $\text{H}_2$ )とトリメチルガリウム( $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム( $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMA」と記す)とトリメチルインジウム( $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMI」と記す)と、シラン( $\text{SiH}_4$ )とジエチル亜鉛( $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ ) (以下「DEZ」と記す)シクロペンタジエニルマグネシウム( $\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ ) (以下「 $\text{CP}_2\text{Mg}$ 」と記す)である。

【0015】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄した $a$ 面を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧で $\text{H}_2$ を流速2 liter/分で反応室に流しながら温度1100°Cでサファイア基板1を気相エッチングした。

【0016】次に、図2に示すように、温度を400°Cまで低下させて、 $\text{H}_2$ を20 liter/分、 $\text{NH}_3$ を10 liter/分、TMAを $1.8 \times 10^{-5}$ モル/分で供給して $\text{AlN}$ のバッファ層2が約500Åの厚さに形成された。次に、サファイア基板1の温度を1150°Cに保持し、膜厚約2.5  $\mu\text{m}$ 、電子濃度  $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン( $\text{Si}$ )ドープの $\text{GaN}$ から成る高キャリア濃度 $n^+$ 層3を形成した。

【0017】続いて、サファイア基板1の温度を850°Cに保持し、 $\text{N}_2$ 又は $\text{H}_2$ を10 liter/分、 $\text{NH}_3$ を10 liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $0.47 \times 10^{-4}$ モル/分、TMIを $0.1 \times 10^{-4}$ モル/分、及び、シランを $10 \times 10^{-9}$ モル/分を約60分間導入し、膜厚約0.1  $\mu\text{m}$ 、濃度  $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドープの $(\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53})_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{N}$ から成る高キャリア濃度 $n^+$ 層4を形成した。

【0018】続いて、温度を850°Cに保持し、 $\text{N}_2$ 又は $\text{H}_2$ を10 liter/分、 $\text{NH}_3$ を10 liter/分、TMGを $1.53 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $0.47 \times 10^{-4}$ モル/分、TMIを $0.02 \times$

$10^{-4}$ モル/分を約7分間導入し、膜厚約 $0.1\ \mu\text{m}$ の $(\text{Al}_{0.09}\text{Ga}_{0.91})_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{N}$  から成る活性層5を形成した。

【0019】続いて、温度を $1100^\circ\text{C}$ に保持し、 $\text{N}_2$ 又は $\text{H}_2$ を10 liter/分、 $\text{NH}_3$ を10 liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $0.47 \times 10^{-4}$ モル/分、TMIを $0.1 \times 10^{-4}$ モル/分、及び、 $\text{CP}_2\text{Mg}$ を $2 \times 10^{-4}$ モル/分を約120分間導入し、膜厚約 $1.0\ \mu\text{m}$ のマグネシウム(Mg)ドーブの $(\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53})_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{N}$  から成るp層6を形成した。p層6のマグネシウムの濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ である。この状態では、p層6は、まだ、抵抗率 $10^8\ \Omega\text{cm}$ 以上の絶縁体である。

【0020】次に、温度を $1100^\circ\text{C}$ に保持し、 $\text{N}_2$ 又は $\text{H}_2$ を10 liter/分、 $\text{NH}_3$ を10 liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、 $\text{CP}_2\text{Mg}$ を $2 \times 10^{-4}$ モル/分を約30分間導入し、膜厚約 $0.2\ \mu\text{m}$ のマグネシウム(Mg)ドーブのGaN から成るp層7を形成した。p層7のマグネシウムの濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ である。この状態では、p層7は、まだ、抵抗率 $10^8\ \Omega\text{cm}$ 以上の絶縁体である。

【0021】次に、温度を $1100^\circ\text{C}$ に保持し、 $\text{N}_2$ 又は $\text{H}_2$ を10 liter/分、 $\text{NH}_3$ を10 liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分を約15分間導入し、p層7の上に一様に、膜厚約 $0.1\ \mu\text{m}$ の無添加のGaN から成るn層8を形成した。ここまでの過程で、図2に示すような多層構造のウエハが得られた。

【0022】次に、図3に示すように、n層8の窓部Aをエッチングにより除去して、p層7の窓部を露出させた。次に、図4に示すように、温度を $1100^\circ\text{C}$ に保持し、 $\text{N}_2$ 又は $\text{H}_2$ を10 liter/分、 $\text{NH}_3$ を10 liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、 $\text{CP}_2\text{Mg}$ を $2 \times 10^{-4}$ モル/分を約30分間導入し、膜厚約 $0.2\ \mu\text{m}$ のマグネシウム(Mg)ドーブのGaN から成るp層9を形成した。p層9のマグネシウムの濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ である。この状態では、p層9は、まだ、抵抗率 $10^8\ \Omega\text{cm}$ 以上の絶縁体である。

【0023】次に、電子線照射装置を用いて、p層9、n層8、p層7、p層6に一様に電子線を照射した。電子線の照射条件は、加速電圧約20KV、資料電流 $1\ \mu\text{A}$ 、ビームの移動速度 $0.2\text{mm}/\text{sec}$ 、ビーム径 $60\ \mu\text{m}\phi$ 、真空度 $5.0 \times 10^{-5}\text{Torr}$ である。この電子線の照射により、p層9、p層7、p層6は、全て、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、抵抗率0.8のp伝導型半導体となった。このようにして、図4に示すような多層構造のウエハが得られた。尚、n層8は電子線が照射されても、伝導型及び電子濃度に変化はない。

【0024】次に、フォトリソグラフにより、図5に示すように、図1に示す高キャリア濃度 $n^+$ 層3に対する電極11の形成部分において、p層9、n層8、p層7、p層6、発光層5、 $n^+$ 層4を、エッチングにより除去し、 $n^+$ 層3の面を一部露出させた。次に、図1に示すように、p層9の電極10、 $n^+$ 層3の電極11を

形成した。

【0025】その後、上記のごとく処理されたウエハは、各素子毎に切断され、ドライエッチングにより共振端面の形成後、図1に示す構造の半導体レーザを得た。この半導体レーザは、駆動電流20mAで駆動電圧4Vであり、発光波長は360nmであった。

【0026】上記の実施例では、電流阻止層のn層8の窓部Aをエッチング除去した後に、電流供給層のp層9を、一様に気相成長により形成した。しかし、p層7の上に一様に $\text{SiO}_2$ から成る絶縁膜を形成した後、図6に示すように、短冊形状の窓部Aの絶縁膜20を残して、絶縁膜をエッチングし、その後に、一様に無添加のGaInを形成しても良い。この時、 $\text{SiO}_2$ から成る絶縁膜20の上にはGaInが成長しないので、n層8は図7の様に形成される。その後、絶縁膜20をエッチングで除去した後、電流供給層であるp層9を形成するようにしても良い。

【0027】又、上記実施例では、電流阻止層としてのn層8には無添加のGaInを用いたが、Si等のドナー不純物を添加して、高導電率のn伝導型としても良い。

【0028】さらに、電流阻止層は、上記の電子線照射によりp型化されないZn等のアクセプタ不純物を添加したGaInで、半絶縁性に形成しても良い。又、p型化は電子線照射の他、熱処理、レーザ照射で行っても良い。さらに、電流阻止層と電流供給層には、GaInを用いているが、任意組成比の3元、4元系の $\text{AlGaInN}$ を用いても良い。p層7と電流供給層であるp層9では、結晶の組成比が異なっても、同一でも良いが、ホール濃度は等しくするのが望ましい。

【0029】次に、第2実施例について説明する。第1実施例の層7まで形成する。但し、第1実施例の層6、層7は、本実施例では、全体に渡ってp型化されず絶縁性であるので、図8に示すように、層16、層17として表現されている。次に、Mg添加のGaInから成る層17の上に、第1実施例の層9と同様なMg添加のGaInから成る層30を形成する。次に、図9に示すように、層30の上に短冊形状の窓部Aを残して、金属膜31を形成する。そして、この状態で、第1実施例と同一条件で、電子線を層16、17、30に照射する。すると、金属膜31が存在する領域は、電子線が遮蔽され、窓部Aを通してのみ、電子線が下層の各層に照射され、図10に示すように、各層はその電子線の照射部分Bだけp伝導型となる。この部分Bが第1電流供給層となる。この実施例では、活性層5が導電性を有する下層半導体層となる。

【0030】次に、図11に示すように、層30の上に窓Aよりは十分に広い窓を除いて、図9と同様に、金属膜32を形成し、その金属膜32をマスクとして電子線を照射する。この時、加速電圧を低くして、電子線が層30より深く浸透しないようにする。これより、図12に示すように、層30の表面領域Cはp伝導型となる。

領域Cが第2電流供給層となる。層16、17、30において、電子線が照射されなかった部分は半絶縁性を維持し、その部分Dが電流阻止層となる。

【0031】次に、第3実施例について説明する。第2実施例と同様に、図13に示すように、層30まで形成する。層6はMg添加の $(Al_{0.47}Ga_{0.53})_{0.9}In_{0.1}N$ から成る層で、層7、30は、Mg添加のGaNである。次に、電子線を照射して、層6、7、30をp伝導型とする。次に、図14に示すように、層30の上に短冊状の窓部Aにのみフォトリソスト33を形成した。次に、イオン注入装置を用いて、 $Si^+$ イオンを加速エネルギー310KeV、注入量 $5.4 \times 10^{13} ion/cm^2$ で注入した。 $Si^+$ イオンのピーク値濃度は $5 \times 10^{18}/cm^3$ 、ピーク値深さは約0.2  $\mu m$ である。このようにして、図14に示すように、層30内に高抵抗領域Eが形成された。この高抵抗領域Eが電流阻止層となる。層30のイオン打ち込みがなかった部分Fはp伝導型であるので、その部分Fは電流供給層となる。

【0032】尚、上記実施例では高抵抗領域Eを形成するのに $Si^+$ イオンを注入したが、その他、 $N^+$ イオンを注入しても良い。上記実施例の発光素子はレーザダイオードとしたが、発光ダイオードでも良い。発光ダイオードの場合には活性層5にはシリコンと亜鉛とをドーピングすることで、ドナーとアクセプタレベル間の遷移による青色の発光も可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な第1実施例に係る半導体レーザの構成を示した構成図。

【図2】同実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図3】同実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図4】同実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図5】同実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図6】第1実施例の変形例にかかる半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図7】第1実施例の変形例にかかる半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図8】第2実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図9】第2実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図10】第2実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図11】第2実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図12】第2実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図13】第3実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図14】第3実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【図15】第3実施例の半導体レーザの製造工程を示した断面図。

【符号の説明】

100…半導体レーザ

1…サファイア基板

2…バッファ層

3…高キャリア濃度 $n^+$ 層

4…高キャリア濃度 $n^+$ 層（クラッド層）

5…活性層（発光層）

6…p層（クラッド層）

7…p層（コンタクト層、下層半導体層）

8…n層（電流阻止層）

9…p層（電流供給層）

10…電極

11…電極

A…窓部

B…第1電流供給層

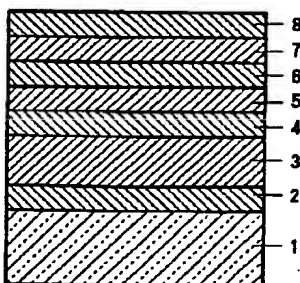
C…第2電流供給層

D…電流阻止層

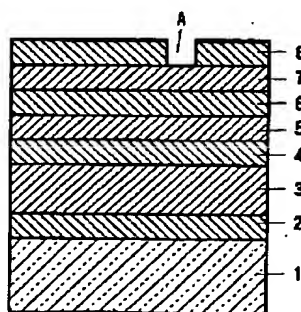
E…電流阻止層

F…電流供給層

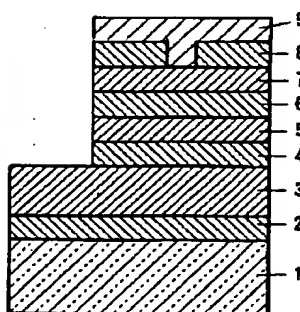
【図2】



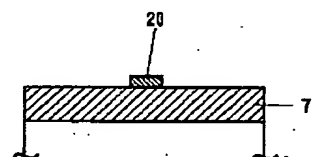
【図3】



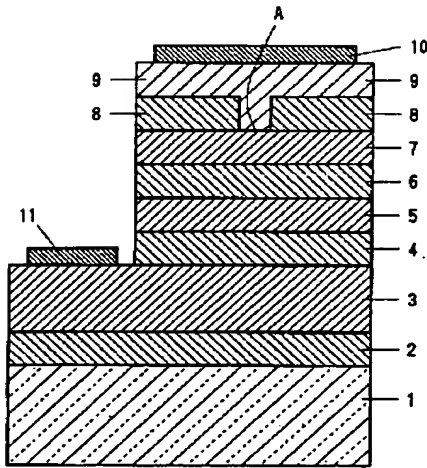
【図5】



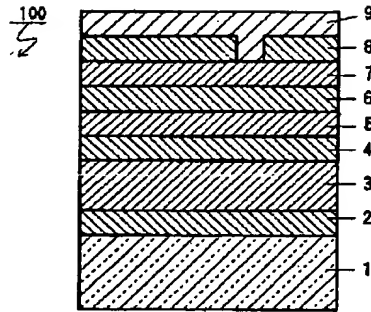
【図6】



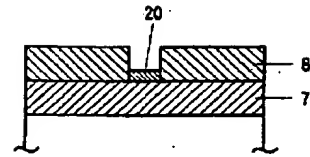
【図 1】



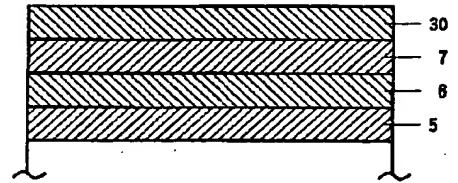
【図 4】



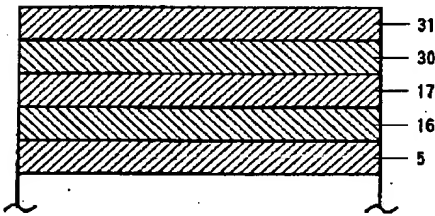
【図 7】



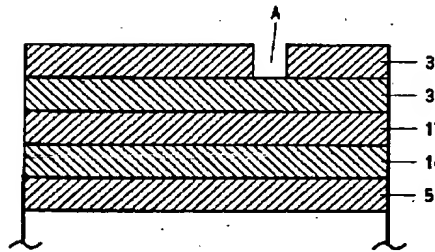
【図 13】



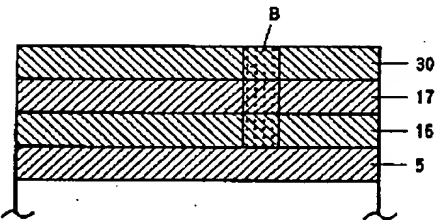
【図 8】



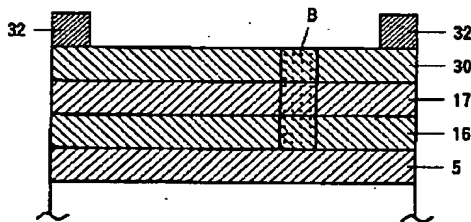
【図 9】



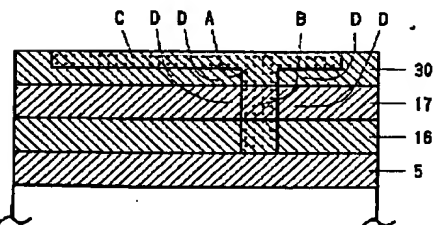
【図 10】



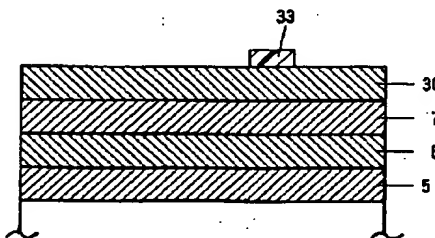
【図 11】



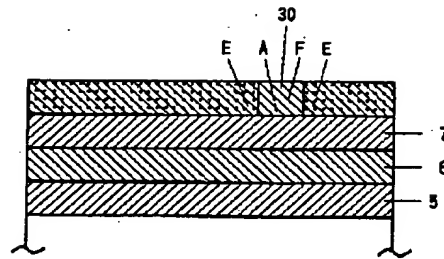
【図 12】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(72)発明者 山崎 史郎  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内  
(72)発明者 永井 誠二  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小池 正好  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内  
(72)発明者 赤崎 勇  
愛知県名古屋市西区浄心 1 丁目 1 番 38 -  
805  
(72)発明者 天野 浩  
愛知県名古屋市名東区山の手 2 丁目 104  
宝マンション山の手 508 号